

Probabilitas Dan Dampak Risiko Konstruksi Bendungan Kuwil Kawangkoan Dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis*

Tiny Mananoma^{#1}, Chrisnal J. T. Tamod^{#2}, Dranita D. Rantung^{#3}

^{#1}Dosen Magister Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

^{#2,3}Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹tmananoma@yahoo.com; ²chrisnal.tamod@yahoo.com; ³dewirantung02@gmail.com

Abstrak

Pembangunan Bendungan Kuwil Kawangkoan merupakan salah satu proyek besar yang ada di provinsi Sulawesi Utara. Dalam pembangunan Bendungan terdapat risiko pekerjaan yang terlibat dalam pelaksanaannya. Menurut Health Safety Environment (HSE), risiko yang terdapat dalam suatu proyek dapat dikendalikan melalui manajemen risiko. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi serta menganalisis risiko tertinggi pada proyek pembangunan Bendungan Kuwil Kawangkoan Paket 3. Data didapatkan melalui kuesioner yang dikembangkan berdasarkan studi literatur. Responden ditentukan melalui penerapan metode purposive sampling. Berdasarkan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), didapatkan satu risiko tertinggi yaitu pekerjaan galian terowongan dan diikuti oleh pekerjaan dewatering. Dilakukan juga fishbone analysis guna menentukan faktor – faktor risiko yang mendasar.

Kata kunci – bendungan Kuwil Kawangkoan, manajemen risiko, FMEA

dimanfaatkan dengan baik sering kali menjadi masalah di sepanjang aliran sungai maupun masalah di Kota Manado yang pernah terjadi banjir akibat luapan air yang banyak dari Tondano. Sedangkan saat musim kemarau aliran sungai mempunyai debit yang minim, sehingga daerah sekitarnya menjadi kering, pertanian, dan perkebunan mengalami kekurangan air.

Kondisi tersebut dapat diatasi dengan pembangunan sebuah bendungan yang dilewati oleh Sungai Tondano untuk menampung dan memanfaatkan kelebihan debit dari Danau Tondano yang menuju kearah Kota Manado berupa sebuah Bendungan yang dibangun di Kabupaten Minahasa Utara tepatnya di daerah Kuwil Kawangkoan, yaitu Bendungan Kuwil Kawangkoan (Kukaw Dam).

Pada studi kasus ini dilakukan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi risiko dan menentukan risiko paling dominan pada proyek konstruksi, sedangkan pada metode Domino dapat digunakan untuk mengetahui dan menganalisa penyebab risiko tersebut dengan menggunakan hasil atau output analisa metode FMEA.

B. Rumusan Masalah

Adanya potensi risiko yang paling berdampak untuk kemungkinan bisa terjadinya kecelakaan pada pelaksanaan proyek konstruksi Bendungan Kuwil Kawangkoan.

C. Tujuan Studi

Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui potensi risiko yang paling berdampak yang bisa memungkinkan terjadinya kecelakaan pada pelaksanaan proyek konstruksi Bendungan Kuwil Kawangkoan.

D. Manfaat Studi

Mendapatkan hasil studi terkait potensi risiko kecelakaan sebagai informasi bagi pihak terkait untuk mempertimbangkan manajemen keamanan,

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Provinsi Sulawesi Utara memiliki letak yang strategis untuk pembangunan nasional karena letaknya yang berada di gerbang pulau Sulawesi, serta didukung oleh kebijakan pemerintah dalam pembangunan untuk kemajuan Wilayah Indonesia bagian Tengah maupun Timur. Provinsi Sulawesi Utara juga memiliki potensi sumber daya alam yang besar, salah satunya adalah potensi sumber daya air, dimana pada pembangunan bendungan ini diambil pasokan air dari Sungai Tondano. Besarnya debit saat musim hujan yang tidak

keselamatan, kesehatan dan keberlanjutan (K4) pada proyek Bendungan Kuwil Kawangkoan.

E. Batasan Studi

Tidak membahas terkait aspek biaya / finansial yang timbul akibat implementasi manajemen keamanan, keselamatan, kesehatan dan keberlanjutan (K4) pada proyek Bendungan Kuwil Kawangkoan.

II. LANDASAN TEORI

A. Keselamatan Konstruksi

Keselamatan Konstruksi adalah segala kegiatan keteknikan untuk mendukung Pekerjaan Konstruksi dalam mewujudkan pemenuhan standar keamanan, keselamatan, kesehatan dan keberlanjutan (K4) yang menjamin keselamatan keteknikan konstruksi, keselamatan dan kesehatan tenaga kerja, keselamatan publik dan lingkungan [1].

B. Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi

Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi merupakan pemenuhan terhadap Standar Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Keberlanjutan dengan menjamin keselamatan keteknikan konstruksi, keselamatan dan kesehatan kerja, keselamatan publik, dan keselamatan lingkungan [1].

Manajemen risiko merupakan salah satu aspek manajemen dari sepuluh area manajemen proyek. Pengertian risiko dalam konteks proyek adalah kemungkinan terjadinya suatu kondisi yang tidak menguntungkan sebagai akibat dari hasil keputusan yang diambil atau kondisi lingkungan pada proyek yang berdampak pada biaya, jadwal dan kualitas proyek [2]. Ada 3 tipe dasar bendungan berdasarkan konstruksinya yaitu urugan, beton dan bendungan lainnya seperti bendungan kayu, besi, pasangan bata dan susunan batu [3].

Terdapat aspek risiko yang berkaitan dengan keselamatan pekerjaan, yaitu manajemen keamanan, keselamatan, kesehatan dan keberlanjutan (K4). Menurut OHSAS 18001: 2007 manajemen K4 adalah bagian dari sebuah sistem manajemen organisasi yang digunakan untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan kecelakaan kerja dan mengelola kecelakaan kerja tersebut [4].

C. Proses Manajemen Risiko

Adapun proses manajemen risiko secara sistimatis menurut PMBOK Guide 5th [5]:

1. Perencanaan Manajemen Risiko (*Plan Risk Management*)
2. Identifikasi Risiko (*Risks Identification*)
3. Analisis Risiko Secara Kualitatif (*Perform Qualitative Risk Analysis*)
4. Analisis Risiko Secara Kuantitatif (*Perform Quantitative Risk Analysis*)
5. Rencana Penanganan Risiko (*Plan Risk Responses*)

6. Pemantauan dan Pengendalian Risiko (*Monitoring and Control Risks*).

D. Kriteria Risiko Keselamatan Konstruksi Dalam PERMEN PUPR 10/2021 [6]

1. Risiko Keselamatan Konstruksi Besar
 - bersifat berbahaya tinggi berdasarkan penilaian Risiko Keselamatan Konstruksi yang ditetapkan oleh Pengguna
 - Pekerjaan Konstruksi dengan nilai HPS di atas Rp100.000.000.000;
 - mempekerjakan tenaga kerja yang berjumlah lebih dari 100 orang;
 - menggunakan peralatan berupa pesawat angkat;
 - menggunakan metode peledakan;
 - pekerjaan konstruksi yang menggunakan teknologi tinggi.
2. Risiko Keselamatan Konstruksi Sedang
 - bersifat berbahaya sedang berdasarkan penilaian Risiko Keselamatan Konstruksi yang ditetapkan oleh Pengguna
 - Pekerjaan Konstruksi dengan nilai HPS di atas Rp10.000.000.000,00 sampai dengan Rp100.000.000.000,00;
 - mempekerjakan tenaga kerja yang berjumlah 25 orang sampai dengan 100 orang; dan/atau
 - Pekerjaan Konstruksi yang menggunakan teknologi madya.
 - pekerjaan Konstruksi yang menggunakan teknologi tinggi.
3. Risiko Keselamatan Konstruksi Kecil
 - bersifat berbahaya rendah berdasarkan penilaian Risiko Keselamatan Konstruksi yang ditetapkan oleh Pengguna Jasa
 - Pekerjaan Konstruksi dengan nilai HPS sampai dengan Rp10.000.000.000,00;
 - mempekerjakan tenaga kerja yang berjumlah kurang dari 25 orang;
 - Pekerjaan Konstruksi yang menggunakan teknologi sederhana.

E. Failure Mode and Effect Analysis

Berdasarkan ISO: 31000, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode identifikasi risiko lanjutan dengan menganalisis berbagai pertimbangan dari kegagalan yang ada dan mengevaluasi dampak dari kegagalan tersebut. Digunakan rating pada probabilitas dan dampak dengan skala 1 hingga 5 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Untuk menganalisa risiko dengan menghitung seberapa dampak atau intensitas kejadian yang mempengaruhi proses pekerjaan dalam pengambilan data kuesioner dilakukan perhitungan sebagai berikut Studi dilakukan pada segmen sungai antara jembatan Mahakam dan Jembatan Megawati.

$$I = \frac{\sum_{i=0}^4 (0x) + (1x) + (2x) + (3x) + (4x)}{4 \sum_{i=0}^4 (5)} \times 100\%$$

Dalam menentukan persentase *severity/ frequency index* terdapat klasifikasi risiko dengan penilaian terhadap probabilitas dan dampak. Berikut kategori klasifikasi dan skala risiko [7].

a. Sangat Rendah / Sangat Kecil (SR/SK) $0.00 \leq SI \leq 12.5$, Rank=1

b. Rendah / Kecil = $12.5 \leq (SI/FI) \leq 37.5$, Rank=2

c. Cukup / Sedang = $37.5 \leq (SI/FI) \leq 62.5$, Rank=3

d. Tinggi / Besar = $62.5 \leq (SI/FI) \leq 87.5$, Rank=4

e. Sangat Tinggi / Sangat Besar = $87.5, \leq (SI/FI) \leq 100$, Rank=5

TABEL 1
Tingkatan Probabilitas

Tingkatan	Frekuensi Kejadian	Rating
<i>Remote</i>	Tidak Pernah	1
<i>Low</i>	Jarang Terjadi	2
<i>Moderate</i>	Terkadang Terjadi	3
<i>High</i>	Sering Terjadi	4
<i>Very High</i>	Sangat Sering Terjadi	5

TABEL 2
Skala Dampak

Tingkatan	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> : pengaruh buruk yang dapat diabaikan
2	<i>Mild severity</i> : pengaruh buruk yang ringan, ditimbulkan hanya bersifat ringan.
3	<i>Moderate severity</i> : pengaruh buruk kategori sedang, tingkat ini akan dirasakan berpengaruh pada proyek namun masih dalam batas toleransi dan dapat diselesaikan dalam waktu singkat.
4	<i>High severity</i> : kategori keparahan yang tinggi, dapat mempengaruhi proses dengan waktu dan biaya diluar toleransi.
5	<i>Fatality</i> : tingkatan yang menimbulkan bahaya dalam proses dan berpengaruh terhadap keselamatan proyek.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Studi kasus penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Bendungan Kuwil Kawangkoan Paket 3. Lokasi proyek berada di Desa Kawangkoan, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara.

A. Data Penelitian

Data utama diperoleh dengan mengembangkan kuesioner berdasarkan metode purposive sampling dengan jumlah risiko pekerjaan sebanyak 15 variabel. Wawancara dilakukan guna mengidentifikasi pekerjaan yang memiliki risiko tinggi. Data pendukung atau sekunder didapatkan dari data lapangan berupa metode pekerjaan yang dilakukan.

B. Analisis Data

Identifikasi risiko dilakukan dengan pengembangan kuesioner dengan data proyek dipadukan dengan hasil observasi dan wawancara. Selanjutnya pengambilan survei opini melalui kuesioner yang sudah disiapkan dan dilanjutkan dengan metode FMEA.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Hasil

Adapun hasil – hasil dari analisa risiko Proyek Konstruksi Bendungan Kuwil Kawangkoan adalah

sebagai berikut. Dari hasil survei opini maka didapatkan dua pekerjaan berisiko tinggi yaitu pekerjaan galian terowongan dan pekerjaan *dewatering*.

Dari hasil survei opini maka didapatkan satu pekerjaan berisiko tinggi yaitu pekerjaan galian terowongan dengan nilai RPN 16 dan diikuti oleh pekerjaan *dewatering* dengan nilai RPN 12. Berikut gambar grafik hasil survei pengambilan data dari pekerjaan galian terowongan

Hasil survei kelompok pekerjaan berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number* akan disajikan pada tabel berikut.

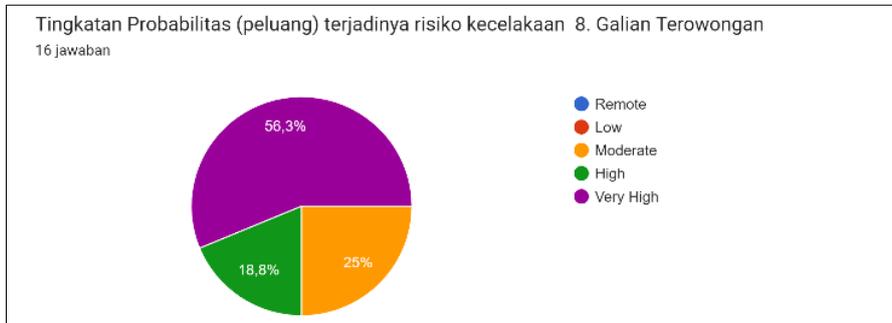
B. Analisis Risiko dan Upaya Penanganan

Dari hasil survei didapatkan pekerjaan dengan risiko tinggi yaitu galian terowongan dan *dewatering*. Sehingga dibuat upaya penanganan untuk dapat mengurangi dampak dan kemungkinan risiko dengan mengendalikan faktor – faktor risiko dari pekerjaan yang berkaitan. Upaya penanganan dilakukan sebelum mencapai kondisi terakhir suatu skema risiko yang berjalan. Terdapat faktor risiko sebelum risiko utama terjadi berdasarkan pekerjaan pekerjaan yang memiliki tingkatan risiko yang tinggi. Oleh karena itu penerapan dalam upaya penanganan risiko dapat dilakukan melalui rekayasa– rekayasa teknis dalam pelaksanaan kerja maupun rekayasa – rekayasa administrasi.

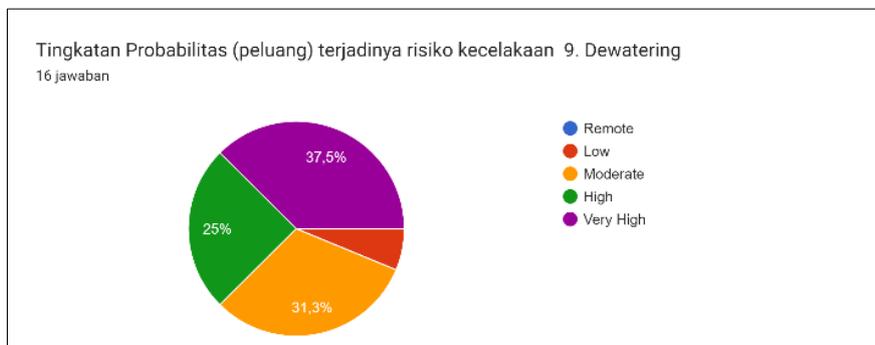
TABEL 3
Perhitungan Risk Priority Number dari Probabilitas dan Dampak Risiko.

Variabel	Kelompok Pekerjaan	P	D	RPN (PxD)
A	Mobilisasi	3	3	9
B	Pengadaan Peralatan	2	2	4
C	Pembangunan Sistem Penunjang	2	2	4
D	Tanggul Percobaan	3	2	4
E	Galian dan Timbunan Tanah	3	3	9
F	Pekerjaan Shotcrete	3	3	9
G	Pekerjaan Beton Bangunan Pengelak	3	3	9
H	Galian Terowongan	4	4	16
I	Dewatering	3	4	12
J	Drilling dan Grouting	3	3	9
K	Galian Batu untuk Bendungan	3	2	6
L	Timbunan Batu untuk Bendungan	3	3	9
M	Pemasangan Rip - Rap	3	3	9
N	Timbunan Filter untuk Bendungan	3	3	9
O	Pekerjaan Steel Support	3	3	9

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 1. Hasil Survei Probabilitas Galian Terowongan



Gambar 2. Hasil Survei Probabilitas Pekerjaan Dewatering



Gambar 3. Hasil Survei Kelompok Pekerjaan dari Perhitungan RPN

TABEL 4
Upaya Pengendalian Risiko Pada Galian Terowongan

Failure Mode	Kondisi pelaksana tunnel yang kurang prima	1. Miss calculation 2. Safety inspection yang kurang	1. Overshock 2. Pengoperasian alat berat yang salah.	1. Overcollapse 2. Flying Rock 3. Kecelakaan Kerja
Pengendalian	<p>Rekayasa Administrasi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengecekan kesehatan pra – pelaksanaan kepada para pekerja. 2. Memberikan safety morning / instruksi keselamatan dan pemanasan sebelum dilakukan pekerjaan. <p>Rekayasa Teknis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan dispensasi kepada pekerja yang tidak sehat. 	<p>Rekayasa Administrasi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menambahkan penjadwalan safety officer pada tunnel. 2. Pengecekan kembali arah ledakan serta pengukuran daya ledak. <p>Rekayasa teknis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengatur pola ledakan. 2. Mengatur jumlah peledak. 	<p>Rekayasa Teknis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengatur waktu tunda setiap bahan ledak 2. Mengatur arah ledak 3. Trial operating mesin/alat berat diluar galian tunnel. 	<p>Rekayasa Administrasi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perhitungan impact ledakan 2. Pengaturan jarak aman + 300 – 350m. 3. Pengaturan waktu firing operasi blasting. 4. Pengecekan APD. <p>Rekayasa Teknis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemasangan sandbag pada area tunnel. 2. Pembersihan loose material di area blasting 3. Persiapan P3K & medis darurat di area tunnel.

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 5
Upaya Pengendalian Risiko Pada Pekerjaan Dewatering

Failure Mode	Peralatan dewatering yang kurang	Proses pengalihan air tanah tidak efektif	1. Hujan 2. Sungai Banjir	Lokasi Kerja Tergenang Air
Pengendalian	<p>Rekayasa Administrasi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penambahan alat dewatering. 	<p>Rekayasa Administrasi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengadaan alat dewatering dengan kapasitas lebih besar. <p>Rekayasa Teknis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pembuatan dan penambahan sumur untuk dewatering 2. Penggantian alat dari pompa air konvensional menjadi submersible. 	<p>Rekayasa Teknis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat lubang penampung air di lokasi kerja 2. Membuat kanal / siring pengalih air di sekitar lokasi kerja. 	<p>Rekayasa Teknis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penyedotan dengan pompa. 2. Pembuatan tanggul sementara dengan alat berat.

Sumber : Hasil Analisis

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis risiko dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada studi kasus Bendungan Kuwil Kawangkoan, didapatkan kesimpulan dan saran sebagai berikut.

A. Kesimpulan

Dari hasil identifikasi risiko menunjukkan terdapat 15 kelompok pekerjaan yang memiliki potensi risiko yang berdampak pada proses pelaksanaan proyek konstruksi. Dari hasil survei kuesioner kepada 16 responden, diperoleh 2 variabel pekerjaan yang memiliki risiko tertinggi dengan RPN 16 dan RPN 12. Pekerjaan galian terowongan dengan nilai RPN 16 dibuat upaya rekayasa administrasi dan teknis agar dapat menghindari kecelakaan kerja dan kerusakan alat hingga menyeluruh. Dan untuk pekerjaan dewatering dengan nilai RPN 12 dibuat juga upaya

rekayasa administrasi maupun teknis agar dapat meminimalisir kerugian.

B. Saran

Sebaiknya dilakukan identifikasi risiko pada seluruh proses pekerjaan untuk lebih mengetahui risiko yang spesifik dikarenakan sekecil apapun faktor risiko pada proyek, dapat menyebabkan dampak pada proyek. Studi kasus juga dapat dikembangkan dengan perhitungan kerugian skalatis, dimana kerugian biaya atau waktu dari setiap sektor risiko dapat diketahui secara menyeluruh.

KUTIPAN

- [1] Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021 tentang Jasa Konstruksi. Jakarta.
- [2] Suanda, Budi. 2001. Pengelolaan Risiko Kontrak Terhadap Kinerja Biaya Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus PT. PP). Universitas Indonesia, Depok.

- [3] Soedibyo. 2003. Teknik Bendungan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Ramli, Sochatman. 2009. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001. Dian Rakyat, Jakarta.
- [5] Project Management Institute, Inc. 2013. A Guide to the project Management Body of Knowledge. (PMBOK® Guide)-Fifth Edition. Newton Square, Pennsylvania.
- [6] Kementerian PUPR. 2021. Peraturan Menteri Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. Jakarta.
- [7] Majid, M.Z.A., Mc Caffer, R. 1997. Diczussion Assessment of Work Performance of Maintenance Contractors in Saudi Arabia. Journal of Management in Engineering, ASCE.